

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-345698

(43)Date of publication of application : 14.12.1999

(51)Int.Cl.

H05G 2/00
G21K 5/02
H01L 21/027

(21)Application number : 10-155582

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 04.06.1998

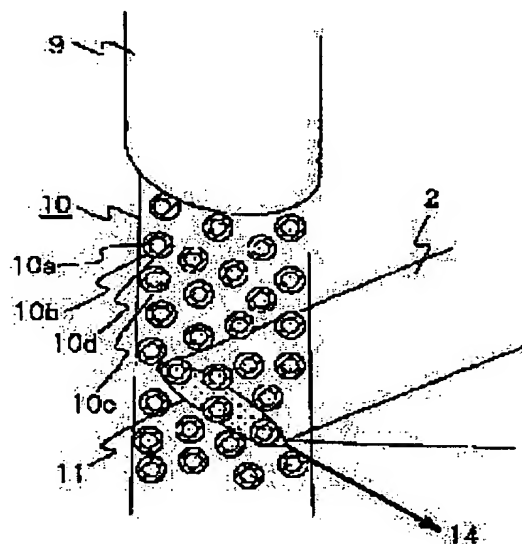
(72)Inventor : KONAKAWA NOBUYOSHI
MATSUI TETSUYA
NISHI MASATSUGU

(54) LASER PLASMA X-RAY SOURCE, SEMICONDUCTOR EXPOSING DEVICE USING IT AND SEMICONDUCTOR EXPOSING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To decrease production of debris and to enhance X-ray conversion efficiency.

SOLUTION: A corpuscle mixed gas target 10 is composed of corpuscles 10d formed by coating metal 10b such as gold on an organic material 10a such as polystyrene and gas 10c having high X-ray permeability, and an X-ray 14 is obtained by irradiating a laser beam 2 to the corpuscle mixed gas target 10. The diameter of the corpuscle 10d coated with the metal 10b is preferably smaller than that of the laser beam 2 irradiated to the target 10.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-345698

(43) 公開日 平成11年(1999)12月14日

(51) Int.Cl.⁶
H 0 5 G 2/00
G 2 1 K 5/02
H 0 1 L 21/027

識別記号

F I
H 0 5 G 1/00 K
G 2 1 K 5/02 X
H 0 1 L 21/30 5 3 1 S
5 3 1 A

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-155582

(22) 出願日 平成10年(1998) 6 月 4 日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地

(72) 発明者 粉川 信好

茨城県日立市大みか町七丁目 2 番 1 号 株
式会社日立製作所電力・電機開発本部内

(72) 発明者 松井 哲也

茨城県日立市大みか町七丁目 2 番 1 号 株
式会社日立製作所電力・電機開発本部内

(72) 発明者 西 政嗣

茨城県日立市大みか町七丁目 2 番 1 号 株
式会社日立製作所電力・電機開発本部内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

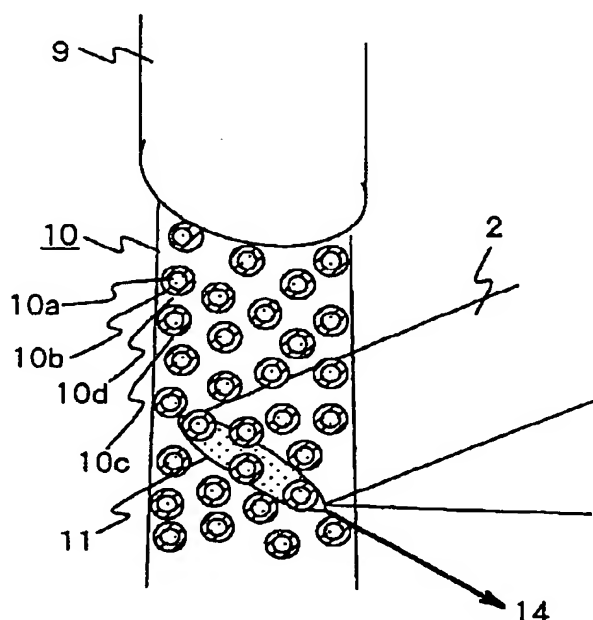
(54) 【発明の名称】 レーザプラズマ X 線源およびそれを用いた半導体露光装置並びに半導体露光方法

(57) 【要約】

【課題】 デブリの発生が少なく、X 線変換効率が高いレーザプラズマ X 線源およびそれを用いた半導体露光装置並びに半導体露光方法を提供する。

【解決手段】 微粒子混合ガスターゲット 10 は、ポリステレンなどの有機物質 10 a に金などの金属 10 b をコーティングした微粒子 10 d と X 線透過率が高いガス 10 c とで構成し、その微粒子混合ガスターゲット 10 にレーザ光 2 を照射して X 線 14 を得る。

図 2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】真空容器内でレーザ光をターゲットに照射してプラズマを生成し、そのプラズマから X 線を発生させるレーザプラズマ X 線源において、

前記ターゲットは、金属を前記金属より比重の小さい物質にコーティングした粒子と気体とを混合したものであり、前記ターゲットを噴射するターゲット噴射装置と、前記レーザ光を噴射された前記ターゲットに照射するレーザ照射装置を備えることを特徴とするレーザプラズマ X 線源。

【請求項 2】前記物質は、有機物質であって、かつポリマー粒子であることを特徴とする請求項 1 のレーザプラズマ X 線源。

【請求項 3】前記ポリマー粒子は、ポリスチレン系のポリマー粒子であることを特徴とする請求項 2 のレーザプラズマ X 線源。

【請求項 4】前記金属をコーティングした粒子の径は、前記ターゲットに照射されるレーザ光の径より小さいことを特徴とする請求項 1 のレーザプラズマ X 線源。

【請求項 5】前記金属の材料は、金、錫あるいはタングステンであることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 までのいずれか一項のレーザプラズマ X 線源。

【請求項 6】前記気体は窒素、空気、ヘリウム、アルゴン、酸素あるいはネオンであることを特徴とする請求項 5 のレーザプラズマ X 線源。

【請求項 7】前記ターゲット噴射装置の噴射口に対向して開口する回収口を有して前記ターゲットを回収するターゲット回収装置を備え、前記噴射口と前記回収口との間の前記ターゲットに、前記レーザ光を照射するものであることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 までのいずれか一項のレーザプラズマ X 線源。

【請求項 8】請求項 1 から請求項 7 までのいずれか一項に記載のレーザプラズマ X 線源と、前記レーザプラズマ X 線源で発生した X 線をマスクに導く集光ミラーと、前記マスクで反射した X 線を縮小して半導体ウエハに投影する X 線縮小露光ミラーとを備える半導体露光装置。

【請求項 9】レーザ光をターゲットに照射してプラズマを生成させ、そのプラズマから X 線を発生させ、発生した X 線を半導体ウエハに導いて前記半導体ウエハに半導体装置パターンを露光する半導体装置露光方法において、

金属を前記金属よりも比重の小さい物質にコーティングして作られた粒子と気体とを混合してターゲットとするステップ、前記ターゲットを真空容器中に噴射するステップ、および、前記真空容器中に噴射されたターゲットにレーザ光を照射してプラズマを生成させるステップ、そのプラズマから X 線を発生させ、発生した X 線を半導体ウエハに導いて前記半導体ウエハに半導体装置パターンを露光することを特徴とする半導体装置露光方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、レーザ光をターゲットに照射してプラズマを生成し、そのプラズマから X 線を発生させるレーザプラズマ X 線源に関する。

【0002】

【従来の技術】特開平 6-281799 号公報は、巻き取りされるテープ状の固体ターゲットにレーザ光を照射して X 線を発生させることを記載する。

【0003】特開昭 61-153935 号公報は、滴下された液体金属にレーザ光を照射して X 線を発生させることを記載する。

【0004】特開平 2-100297 号公報は、レーザ光のスポット径よりも小さいビュレット状のターゲットにレーザ光を照射して X 線を発生させることを記載する。

【0005】特願昭 57-41167 号公報は、固体化された希ガスや水の粒子にレーザ光を照射して X 線を発生させることを記載する。

【0006】「オーエスエー・トレンド・イン・オプティクス・アンド・フォトリソグラフィ」(OSA, Trends in Optics and Photonics, vol. 4, EXTREME ULTRAVIOLET LITHOGRAPHY) (1996 年), 66 頁」は、真空容器中に加圧ガスを噴射し、噴射されたガスにレーザ光を照射して X 線を発生させることを記載する。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】レーザ光がターゲットに照射されると、ターゲット中の原子や分子は光学的に絶縁破壊(オプティカルブレイクダウン)してイオン化し、レーザプラズマが発生する。発生したレーザプラズマから X 線が発生する。ターゲットの元素の種類や状態によって、オプティカルブレイクダウンに必要なレーザ光強度は異なる。オプティカルブレイクダウンが起こるときのレーザ光強度をブレイクダウン閾値という。

【0008】ブレイクダウン閾値は、1: 気体(ガス), 2: 液体, 3: 固体の順に高い。言い換えれば、固体および液体のターゲットは、気体よりも低いレーザ光強度で X 線を発生させることができる。従って、液体および固体のターゲットを用いる場合は、X 線変換効率(照射したレーザのエネルギーに対する発生した X 線のエネルギーで表わされる。)は気体のターゲットを用いる場合よりも高い。

【0009】しかし、レーザ径よりも大きい塊状やテープ状などの固体および液体のターゲットでは、レーザ光の照射によって発生する熱が周辺に伝わり、ターゲットが溶融する。そしてレーザプラズマの発生に伴う膨張圧力で溶融したターゲットが飛散して、数 10 μm のデブリとなる。デブリは、真空容器内の光学素子などに付着して損傷を与える。

【0010】固体および液体のターゲットをレーザ径よりも小さい粒子状にすれば、周囲に粒子がないからデブ

りも減少し、X線変換効率は固体および液体と変わりが
ないが、粒子状のターゲットをレーザー光の照射にあわせ
て供給することは難しく、安定してX線を発生させるこ
とも困難である。

【0011】希ガス等の化学的に安定な気体を氷結させ
た粒子のターゲットは、熔融しても希ガス等の化学的に
安定な気体になるので、デブリを発生しないが、供給す
ることは難しく、安定してX線を発生させることも困難
である。また、X線変換効率は金属ターゲットよりも低
い。

【0012】一方、気体のターゲットでは、固体および
液体のターゲットに比べて、周囲への熱伝導が小さく溶
融が起こらないからデブリは少なく、連続して供給でき
るので安定してX線を発生させることができるが、X線
変換効率は固体および液体よりも低い。

【0013】本発明の目的は、デブリの発生が少なく、
X線変換効率が高いレーザープラズマX線源およびそれ
を用いた半導体露光装置並びに半導体露光方法を提供す
ることにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発
明の特徴は、金属をその金属よりも比重の小さい物質に
コーティングした粒子と気体とを混合してターゲットと
し、ターゲット噴射装置がターゲットを噴射し、レーザ
照射装置が噴射されたターゲットにレーザ光を照射する
ことにある。この特徴によれば、粒子と気体とを混合し
たターゲットの熱伝導は小さく、粒子の熔融が起こらな
いので、デブリの発生を少なくすることができる。ま
た、粒子と気体とを混合したターゲットは噴射されて流
体となり、照射されたレーザに対して常にターゲットが
供給されるので、X線を安定に発生させることができ
る。また、粒子と気体とを混合したターゲットのレーザ
光が貫く体積は気体のみのターゲットの場合と同じであ
るが、ブレイクダウン閾値は固体のターゲットと同様で
気体のみターゲットよりも低いので、気体のみのターゲ
ットよりもプラズマ化可能領域が大きく、プラズマ化可
能領域に多くの粒子と気体分子が含まれるから、オプテ
ィカルブレイクダウンする微粒子の数は、粒子のみター
ゲット、および、気体のみのターゲットの場合より多
くなるので、発生するX線の輝度も、粒子のみターゲ
ット、および、気体のみのターゲットより高くすること
ができる。よって、X線変換効率も高くすることができ
る。また、粒子状のターゲットの比重を金属のみで粒子
を構成するものより小さくして粒子の密度を上げ、粒子
を高密度に発生させることができるから、プラズマ化可
能領域に多くの粒子が存在し、オプティカルブレイクダ
ウンが起こらない頻度は0であるから、レーザ光を照射
すれば必ずレーザープラズマが生成され、レーザ光を無駄
にせずにX線を安定に発生させることができる。また、
粒子の表面が金属であることにより、非金属元素よりも

X線変換効率を一層高くすることができる。

【0015】本発明の他の特徴は、請求項2のように、
金属をコーティングする物質には無機物質よりも加工し
やすい有機物質のうち、ポリマー粒子を用いることであ
る。これにより、モノマー粒子を用いることに比べて軽
くて強く長持ちするため、均一な微粒子を成形して微
粒子を安定かつ高密度に発生させることができる。よっ
て、X線を安定に発生させることができる。

【0016】また、請求項3に記載のように、ポリマー
粒子としてポリスチレン系のものを用いることを特徴と
したものは、他のポリマー粒子に比べて成形加工性に優
れ比重が軽く熱膨張率がコーティングする金属により近
いため高性能なターゲット用の粒子が構成でき、レーザ
の照射を受ける前に熱を加えられる過程があっても、コ
ーティングした金属が剥離せず、正常なターゲット用の
粒子がレーザの照射場（プラズマ化可能領域）に供給さ
れ、X線を安定に発生させることができる。

【0017】本発明の他の特徴は、請求項4のように、
ターゲットを構成している粒子の径がターゲットに照射
されるレーザ光の径より小さいことに特徴のあるもの
は、プラズマ化可能領域により多くの粒子が存在するの
で、発生するX線の輝度はより高くすることができる。

【0018】本発明の他の特徴は、請求項5のように、
コーティングの金属材料が金、錫あるいはタングステン
であることを特徴とするもので、8～14 nmの軟X線
の発生強度が銅やニッケルよりも高く、効率よくX線を
発生させることができる。

【0019】本発明の他の特徴は、請求項6のように、
ターゲットを構成する気体は窒素、空気、ヘリウム、ア
ルゴン、酸素あるいはネオンであることを特徴とするも
ので、8～14 nmの軟X線の透過率がその波長の全帯
域で80%を超える高い透過率を示すので、発生させた
8～14 nmの軟X線の気体による減衰が少なく、波長
が8～14 nmで輝度の高い状態の軟X線を取り出すこ
とができ、多層膜X線反射ミラーの反射率が高い帯域を
含む軟X線を取り出して反射させて使用するのに好適で
ある。

【0020】本発明の他の特徴は、請求項7のように、
粒子と気体とを混合してターゲットとし、ターゲット噴
射装置がターゲットを噴射し、ターゲット回収装置がタ
ーゲット噴射装置の噴射口に対向して開口する回収口を
有してターゲットを回収し、レーザ照射装置が、噴射口
と回収口との間のターゲットにレーザ光を照射すること
にある。この特徴によれば、プラズマ化しなかった粒子
や定常状態に戻った粒子を回収するので、真空容器内を
低圧に保つことができ、発生したX線の損失を防ぐこと
ができる。

【0021】本発明の他の特徴は、請求項8のように、
集光ミラーが請求項1～7のいずれか一項のレーザープラ
ズマX線源で発生したX線をマスクに導き、X線縮小露

光ミラーがマスクで反射したX線を縮小して半導体ウエハに投影することにある。この特徴によれば、レーザプラズマX線源でデブリの発生が少ないので、半導体露光装置の集光ミラー、マスク、X線縮小露光ミラーなどのX線光学素子や真空隔壁の損傷を防ぐことができる。また、レーザプラズマX線源から安定に輝度が高いX線が供給されるので、露光が不足することがなく、露光時間を短くすることができる。

【0022】本発明の他の特徴は、請求項9のように、金属を前記金属よりも比重の小さい物質にコーティングして作られた粒子と気体とを混合してターゲットとするステップ、前記ターゲットを真空容器中に噴射するステップ、および、前記真空容器中に噴射されたターゲットにレーザ光を照射してプラズマを生成させるステップ、そのプラズマからX線を発生させ、発生したX線を半導体ウエハに導いて前記半導体ウエハに半導体装置パターンを露光することを特徴とする半導体装置露光方法である。この特徴を備えると、粒子間は気体で熱の伝達が少ないからレーザプラズマX線源でデブリの発生が少ないので、半導体露光装置の集光ミラー、マスク、X線縮小露光ミラーなどのX線光学素子や真空隔壁の損傷を防ぐことができる。また、金属のみの粒子に比べて比重を小さくして粒子の密度を高めることができるので、レーザプラズマX線源から安定に輝度が高いX線が供給され、露光が不足することがなく、露光時間を短くすることができる。

【0023】

【発明の実施の形態】発明者らは、固体および液体ターゲットの高いX線変換効率およびX線の高い輝度と、気体ターゲットの少ないデブリに着目し、固体または液体をレーザ径よりも十分小さい微粒子状のターゲットにすることを考え付いた。そして、安定してX線を発生させるために、固体および液体の微粒子状のターゲットを気体に混合し、真空容器中に噴射して供給することを発明した。

【0024】また、発明者らは、固体または液体の微粒子と気体を混合したターゲット（以下、微粒子混合ガスターゲットと称する）について、気体を含んでいるがブレイクダウン閾値は固体または液体の粒子のブレイクダウン閾値と同じであることを実験で確かめ、塊状およびテープ状の固体または液体ターゲットよりやや小さいが、固体または液体の微粒子のみからなるターゲット（以下、微粒子ターゲットと称する）、および、気体のみからなるターゲット（以下、気体ターゲットと称する。）に比べて、大きなX線変換効率を有することを発見した。

【0025】以下で、微粒子混合ガスターゲットを用いるX線源およびそれを用いた半導体露光装置の実施例について説明する。

【0026】（実施例1）本発明の第1の実施例である

レーザプラズマX線源を用いた半導体露光装置を図1に示す。半導体露光装置は、X線を発生するX線発生部100と露光部200とから構成される。露光部200は、X線発生部100で発生したX線14をX線集光ミラー15でマスク16に導き、マスク16で反射したマスクパターンをX線縮小露光ミラー17で縮小してウエハ18（試料）に投影するものである。次に、X線発生部100を詳しく説明する。X線発生部100は、ターゲットの周りを取り囲む真空容器5、微粒子混合ガスをターゲットとして真空容器5内に供給するターゲット供給装置110、微粒子混合ガスターゲット10にレーザ光2を照射するレーザ照射装置120、および真空容器5内の微粒子混合ガスを回収するターゲット回収装置130から構成される。

【0027】ターゲット供給装置110は、レーザ径直径数10 μ m～数100 μ mよりも十分小さい直径1 μ m～3 μ mとなるように、金属をコーティングした微粒子が充填された微粒子タンク6、X線透過率が高いガスが充填されたガスボンベ7、微粒子タンク6から供給される金属をコーティングした微粒子と、ガスボンベ7から供給されるガスとを混合する混合器8、および混合器8でつくられた微粒子混合ガスを真空容器5中に噴射する供給ノズル9を備える。

【0028】レーザ照射装置120は、レーザ光2を発生するレーザ光発生器1、およびレーザ光2を収束する収束レンズ3を備える。レーザ光発生器1は、YAGレーザやエキシマレーザなどの、パルス幅が数10ns以下で、1パルスあたりの出力が数10mJから数10Jのレーザ光2を発生するものがよい。レーザ光2は、真空容器5中の微粒子混合ガスターゲット上で数10～数100 μ mになるように収束レンズ3で収束される。レーザプラズマ11を発生させるために、微粒子混合ガスターゲット10上でのエネルギー密度は10¹⁵～10²²W/m²程度がよい。

【0029】ターゲット回収装置130は、真空容器5内に供給され、プラズマ化しなかったまたは定常状態に戻った金属をコーティングした微粒子を引き込む回収ダクト12、および回収器13を備える。

【0030】真空容器5内には、供給ノズル9の噴射口と回収ダクト12の回収口とが対向するように配置されている。レーザ照射装置120からのレーザ光2は、真空容器5の壁面に設けられたレーザ光透過窓4を透過して、供給ノズル9から噴射された微粒子混合ガスターゲット10に照射される。真空容器5内は、真空ポンプ（図示せず）によって低圧力に保たれている。例えば、真空容器5中の圧力を10⁻²～10⁻³torrとし、供給ノズル9内の圧力を数torr以上にすれば、微粒子混合ガスターゲット10は、噴出して流体の状態となる。そして、プラズマ化しなかったまたは定常状態に戻った微粒子混合ガスターゲット10は回収ダクト12に入り、真

空容器 5 内から除去される。

【0031】微粒子混合ガスターゲット 10 に収束させたレーザ光 2 を照射すると、レーザ光 2 の強力な電場などにより、微粒子混合ガスターゲット 10 中の金属元素コーティング微粒子は光学的に絶縁破壊（オプティカルブレイクダウン）をしてイオン化する。金属元素コーティング微粒子のイオン化により発生した電子が、逆制動輻射などの過程によりレーザ光 2 のエネルギーを吸収して加熱され、微粒子混合ガスターゲット 10 のレーザ光 2 が貫く範囲に、高温高密度なレーザプラズマ 11 が形成される。

【0032】レーザプラズマ 11 の電子温度や密度は、微粒子混合ガスターゲット 10 に含まれるコーティングされた金属元素の種類、およびレーザの種類や条件によって異なるが、電子温度で数 100 eV 以上、電子密度で $10^{20} \sim 10^{22} / \text{cm}^3$ 程度のプラズマが発生するとよい。

【0033】レーザプラズマ 11 中の電子の制動輻射、プラズマの再結合過程における自由-自由遷移や自由-束縛遷移の過程により、レーザプラズマ 11 から連続的なスペクトルの X 線が放出され、また、プラズマの再結合過程における束縛-束縛遷移の過程により、特性 X 線が放出される。レーザプラズマ 11 から放出された X 線は隣接する露光部 200 で用いられる。

【0034】次に、供給ノズルから真空容器中に噴射される微粒子混合ガスターゲット 10 について、説明する。

【0035】供給ノズル 9 から真空容器中に噴射される微粒子混合ガスターゲット 10 の構成を図 2 に示す。微粒子混合ガスターゲット 10 は微粒子 10d と窒素などのガス 10c が混合されて構成されている。収束された

$$W = (w_1 \cdot a_1 + w_2 \cdot a_2) / A \quad \dots (式 1)$$

$$A = a_1 + a_2$$

したがって、ポリスチレンなどの有機物質 10a に金などの金属 10b をコーティングした微粒子 10d の比重 W は、ポリスチレンの比重を $w_1 = 1.05$ 、金の比重を $w_2 = 19$ 、総体積を $A = 1$ とし、核となる物質の体積を $a_1 = 0.9$ 、表面にコーティングした物質の体積を $a_2 = 0.1$ とすれば（数 1）より、比重 W は、2.85 となる。このように比重を小さくできるので微粒子を高密度に発生させることができる。

【0037】この比重 $w_1 = 1.05$ のポリスチレンを本実施例では有機物質 10a として用いるが、表 1 に掲げたその他のポリマー粒子であっても、モノマーに比べ

レーザ光 2 が微粒子 10d に照射されると光学的に絶縁破壊をしてレーザプラズマ 11 が形成され、このレーザプラズマ 11 から X 線 14 が放出される。この X 線 14 を安定に輝度が高いものにするにはレーザプラズマ 11 を高温高密度に形成する主な要因である微粒子 10d をガス 10c 中に高密度に発生させることが重要である。ターゲット供給装置 110 では、単位時間あたりに発生させる粒子の重量が制限されているため、比重が重いと発生できる粒子数が限られる。材料としては図 5 のように、銅（元素記号 Cu）やニッケル（元素記号 Ni）よりも $8 \sim 14 \text{ nm}$ の軟 X 線の発生強度が高い元素が望ましいが、特に、図 6 の反射率特性のある多層膜 X 線反射ミラーを用いる半導体露光装置では、波長が 13 nm の軟 X 線の反射効率がよいので、半導体露光に X 線を効率よく用いるために、波長が 13 nm の軟 X 線の発生強度が高い元素である錫、金、タングステンが用いられる。錫、金、タングステンなどは、単体ではそれぞれ比重が 7.3, 19, 19 と大きいので、図 7 のように粒子の比重と粒子の密度との関係から高密度化は難しい。そこで、ポリスチレンなどの有機物質 10a に金などの金属 10b をコーティングした直径 $1 \mu\text{m} \sim 3 \mu\text{m}$ の微粒子を用いることで比重を小さくすることができる。このように異なる物質を表面にコーティングした場合の比重 W は、次式で表される。ここで、核となる物質である有機物質 10a の比重を w_1 、表面にコーティングした物質の比重を w_2 、総体積を A とし、核となる物質の体積を a_1 、表面にコーティングした物質の体積を a_2 とする。

【0036】

【数 1】

て軽くて強くて長持ちするので、用いることが考えられるが、熱による平均的な線膨張率が表 1 の中では $6 \times 10^{-5} \sim 8 \times 10^{-5}$ と最も少なくコーティングされる上述の金属の線膨張率の範囲（ $0.46 \times 10^{-5} \sim 2.3 \times 10^{-5}$ ）に近い材料を選択し、微粒子 10d に加熱工程が加えられても、選択した有機物質 10d とコーティングされる上述の金属との熱膨張差によるコーティングの剥離や脱落を避けて効率よい確実な X 線への変換に寄与させる。

【0038】

【表 1】

表 1

項目	ポリスチレン	ポリ塩化ビニル	ポリエチレン	フッ素樹脂
成形加工性	優	優	優	優
比重	1.05	1.35	0.95	2.1
熱膨張率 ($10^{-5} / ^\circ\text{C}$)	8~8	5~11	11~13	10

【0039】さらに、このX線14を輝度が高い状態で取り出すには、ガス10c中のX線14の透過率が重要である。ガス10cの候補としては、X線透過率が高いガスを選定する必要がある。ガスのX線透過率の比較を図3に示す。このX線透過率の導出条件は、圧力が1torr、距離が1cmのときである。横軸が波長、縦軸がX線の透過率で、1点鎖線が窒素(元素記号N₂)とクリプトン(元素記号Kr)、細線が空気とアルゴン(元素記号Ar)、破線がヘリウム(元素記号He)と酸素(元素記号O₂)、太い破線がネオン(元素記号Ne)、実線がキセノン(元素記号Xe)を示す。必要なX線の特定波長は13nmとすると、この13nmで透過率が高いのは、高い順からヘリウム、アルゴン、窒素、空気、酸素、ネオン、クリプトン、キセノンとなり、X線透過率が0.8以上であるのはヘリウム、アルゴン、窒素、空気、酸素、ネオンであるため、使用するガスとしてはヘリウム、アルゴン、窒素、空気、酸素、ネオンが適している。また、窒素、アルゴンは安価なため、ランニングコストを削減することができる。

【0040】本実施例によれば、以下の効果が得られる。

【0041】本実施例では、レーザ光の径よりも小さい微粒子10dとガスとを混合した微粒子混合ガスターゲット10を用いることにより、金属微粒子ターゲット、および、希ガスターゲットよりもX線変換効率がよい。

【0042】微粒子混合ガスターゲット10は、微粒子10d間のガス10cによって熱伝導が小さく隣接微粒子10d間での熱伝導による熔融が起こらないので、デブリを少なくできる。

【0043】本実施例では、有機物質10aに金属10bをコーティングした微粒子10dとガス10cとを混合した微粒子混合ガスターゲット10を真空容器5内に噴射し、噴射されて流体となった微粒子混合ガスターゲット10にレーザ光2が照射されるので、レーザパルスに対して常に微粒子混合ガスターゲット10が供給されるので、X線を安定に発生させることができる。

【0044】また、微粒子10dは有機物質10aに金属10bをコーティングしたものであるため、金属微粒子単体に比べ、比重が小さくなり微粒子を高密度に発生させることができる。

【0045】また、微粒子10dの表面が金属であることにより、非金属元素よりもX線変換効率を高くすることができる。

【0046】また、特にX線透過率が80%の高いガスを選定することにより、X線を輝度が高い状態で取り出すことができる。

【0047】本実施例では、プラズマ化しなかった微粒子混合ガスターゲットを回収するので、真空容器内を低圧に保つことができ、発生したX線の損失を防ぐことができる。

【0048】(実施例2) 本発明の第2の実施例を図4により説明する。本実施例は、第1の実施例におけるターゲット回収装置130に微粒子10dを分離する分離器30を設け、元の微粒子タンク6に戻してリサイクルするようにしたものである。

【0049】よって、本実施例によれば、装置メンテナンスが低減でき、また、有機物質のコーティング材として、金のような高価な金属を用いる場合にはランニングコストが低減できるという効果がある。

【0050】

【発明の効果】請求項1の発明によれば、金属を前記金属より比重の小さい物質にコーティングした粒子と気体とを混合してターゲットとし、そのターゲット中に混合された気体が粒子間の断熱手段として作用するので、そのターゲットにレーザ光を照射してX線を得る際に、粒子の熔融が起こらないので、デブリの発生を少なくすることができる。また、レーザに対して常にターゲットが供給されるので、X線を安定に発生させることができる。また、粒子は金属微粒子単体よりも比重が小さくなり、粒子が高密度に発生することができるので、レーザ光を照射すれば必ずレーザプラズマが生成され、レーザ光を無駄にせずにX線を安定に発生させることができる。また、粒子の表面が金属であることにより、非金属元素よりもX線変換効率を高くすることができる。

【0051】請求項2の発明によれば、請求項1の発明による効果に加えて、ポリマーの軽くて強く長持ちし、成形加工性も優れている性質を利用して、ターゲットを構成する粒子の比重を小さくするのに有効に作用し、成形加工性も優れて粒子製造に好ましい効果が得られる。

【0052】請求項3の発明によれば、請求項2の発明による効果に加えて、ポリスチレン系のポリマーは他のポリマーよりも比重が小さく且つ熱膨張率も小さいから、ターゲットを構成する粒子の比重を一層小さくできるとともに、粒子へのコーティング金属の熱膨張差による剥離等の悪影響が少なくできるという効果が得られる。

【0053】請求項4の発明によれば、請求項1の発明による効果に加えて、粒子の径がターゲットに照射されるレーザ光の径より小さいことにより、プラズマ化可能領域により多くの粒子が存在して、発生するX線の輝度をより高くすることができる。

【0054】請求項5の発明によれば、請求項1から請求項4までのいずれか一項の発明による効果に加えて、半導体露光装置で用いられる8~14nmの軟X線を効率よく得ることができる。

【0055】請求項6の発明によれば、請求項5の発明による効果に加えて、8~14nmの軟X線を気体による減衰を少なくして効率よく透過するので、軟X線を輝度が高い状態で取り出すことができる。

【0056】請求項7の発明によれば、請求項1から請求項6までのいずれか一項の発明による効果に加えて、ターゲットを回収して真空容器内を低圧に保って、発生したX線の損失を防ぐことができる。

【0057】請求項8の発明によれば、レーザプラズマX線源でデブリの発生が少ないので、半導体露光装置の集光ミラー、マスク、X線縮小露光ミラーなどのX線光学素子や真空隔壁の損傷を防ぐことができる。また、レーザプラズマX線源から安定に輝度が高いX線が供給されるので、露光が不足することがなく、露光時間を短くすることができる。

【0058】請求項9の発明によれば、デブリによる半導体露光装置の損傷抑制効果と、露光不足を解消して露光時間を短くし、露光作業時間を短縮する効果とを発揮する半導体装置露光方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例によるレーザプラズマX線源を用いた半導体露光装置の全体概略図である。

【図2】図1における供給ノズルから真空容器中に噴射される微粒子混合ガスターゲットの構成を示す図である。

【図3】ガスのX線透過率の比較を示すグラフ図である。

る。

【図4】本発明の第2の実施例によるレーザプラズマX線源を用いた半導体露光装置の全体概略図である。

【図5】本発明の各実施例で用いられる粒子にコーティングされる各金属のX線発生強度のグラフ図である。

【図6】各X線波長の多層膜X線反射ミラーの反射率を示すグラフ図である。

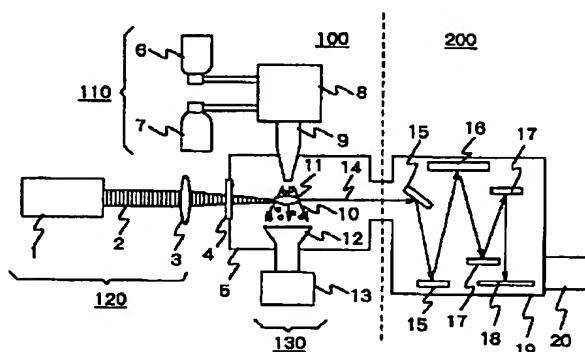
【図7】粒子の比重と粒子の密度との関係を示したグラフ図である。

【符号の説明】

1…レーザ光発生器、2…レーザ光、3…収束レンズ、4…レーザ光透過窓、5…真空容器、6…微粒子タンク、7…ガスポンプ、8…混合器、9…供給ノズル、10…微粒子混合ガスターゲット、11…レーザプラズマ、12…回収ダクト、13…回収器、14…X線、15…X線集光ミラー、16…マスク、17…X線縮小露光ミラー、18…ウエハ、19…露光装置、20…真空排気系、30…分離器、31…リサイクル用配管、100…X線発生部、110…ターゲット供給装置、120…レーザ照射装置、130…ターゲット回収装置、200…露光部。

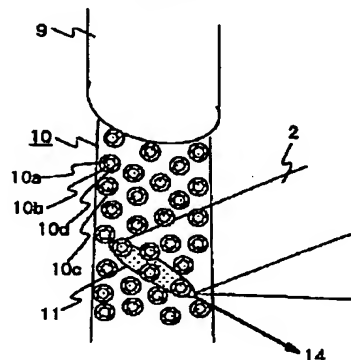
【図1】

図 1

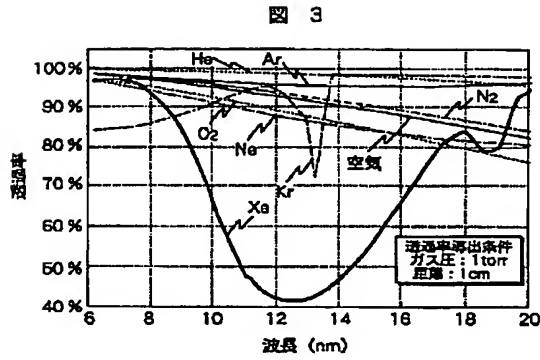


【図2】

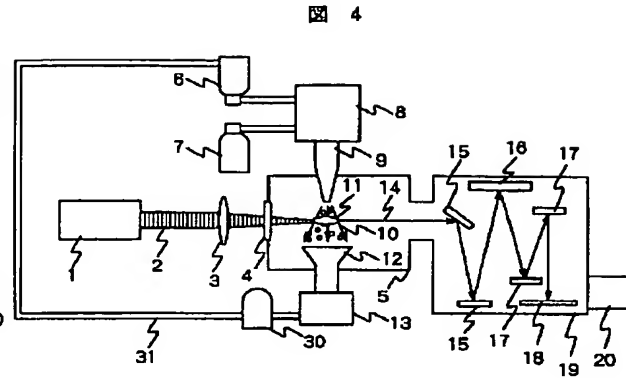
図 2



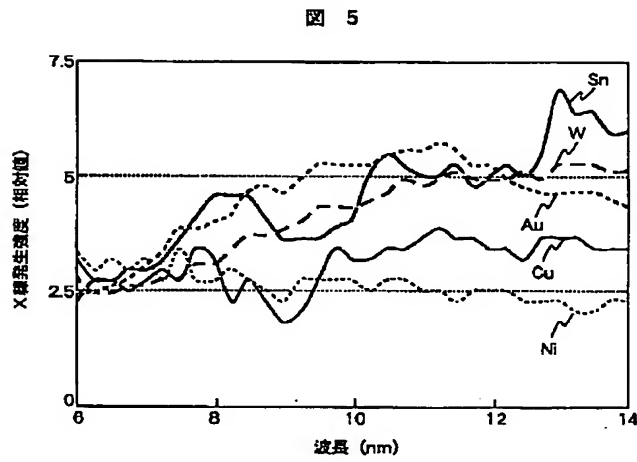
【図 3】



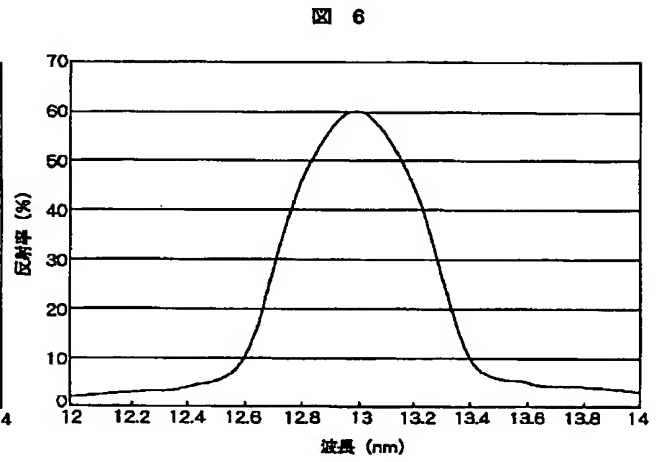
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

